

4. 全体成果概要

これまで未解明であった主要活断層帯を震源とする連動型巨大地震の発生確率算出や連動条件の検討を実施し、地震調査研究推進本部の長期評価における新たな評価手法を提案することを目標として、本年度は中央構造線断層帯の讃岐山脈南縁東部区間から讃岐山脈南縁西部区間を主な対象として、以下の調査研究を実施した。

サブテーマ1「変位履歴に基づく連動性評価のための活断層調査」では、石鎚山脈北縁区間と石鎚山脈北縁西部区間を主な対象として、変位履歴を解明するための地形地質調査を実施した。石鎚山脈北縁区間・岡村断層の大生院地区において、ドローンLiDAR計測、3Dトレンチ調査を実施し、過去2回の活動時期と活動間隔、地震時変位量を明らかにした。その結果、最新活動は西暦1440年以降の1596年地震相当、先行するイベントは西暦1250～1400年に限定され、最近2回の活動間隔は200～350年と推定された。最新の地震時変位量は、既往の調査結果から右横ずれ5.7m程度、先行するイベントでは2.6m程度が推定された。地震断層長と変位量のスケーリング則等から、最新の活動は石鎚山脈北縁区間と石鎚山脈北縁西部区間の連動型イベント、先行するイベントは岡村断層単独のイベントと判断した。石鎚山脈北縁西部区間・川上断層の横黒地点において、ドローンLiDAR計測、トレンチ調査、S波反射法地震探査を実施した。その結果、最新活動時期は西暦1630年以前に限定され、地震時変位量は右横ずれ3.5m、上下変位1.1mであった可能性が明らかになった。令和2～4年度の変位履歴を四国陸域の4区間で整理して、過去の連動型イベントを抽出した。1596年文禄地震に対比される最新活動では、石鎚山脈北縁西部区間と石鎚山脈北縁区間の連動パターンは9月1日の伊予地震に相当し、その連動間隔は2600～2900年と推定された。また、讃岐山脈南縁西部区間と東部区間の連動パターンは9月4日頃に生じたもので、その連動間隔は3800～4000年と算出された。これらの連動履歴を用いて、ポアソン過程に基づき今後30年間の連動型地震の発生確率を試算した。

サブテーマ2「地殻応力場推定のための微小地震解析」では、令和3年度までに実施した中央構造線断層帯周辺の震源分布再決定、震源メカニズム解分布から、地下における震源断層の位置や形状を検討した。また、メカニズム解等から推定される周辺の応力場が中央構造線断層帯をすべらせやすいかどうかをSlip TendencyとFault Instabilityの指標を基に検討した。震源分布と震源メカニズム解の分布のみからは、北傾斜と鉛直断層のいずれのモデルに対しても明確な証拠はなく、どちらかのモデルだけを採択すべきいう結論を得ることはできなかった。ただし、いずれのモデルでも現在の応力場で断層がすべりやすいが、特に鉛直断層の方が非常にすべりやすいことがわかった。

サブテーマ3「三次元FEMによる断層モデルの高度化」では、大別して(1)スケーリング則の拡張、(2)拡張したスケーリング則を用いた変位解析、(3)断層面間の相互作用評価を実施した。これまで用いていた断層面上の接線剛性に対するスケーリング則は、松田式に基づいて設定していたものの、断層線長が80kmまでしか対応させておらず、断層線長が80km以上については、80kmのケースと同じ剛性値を設定していた。そこで、讃岐山脈南縁西部区間は断層線長が100kmを超えているため、これに対応できるように松田式を外挿してスケーリング則を拡張した。拡張したスケーリング則を用いて変位解析を実施した結果、讃岐山脈南縁西部区間中央部ですべり量が従来の5.9mから8.4mへと1.4倍大きなものとなった。なお、スケーリング則の拡張は、令和2～3年度の結論として得られた広域

応力場の方位：N60° W、断層面傾斜角：ほぼ鉛直について影響を及ぼすものではないことを確認した。さらに、断層面間の相互作用を評価するため、ある断層面が単位量ずれた際に近接する周辺断層面に及ぼす影響を静的な応力変動の観点から検討した。その結果、断層面のオーバーラップ端で応力変動量が大きくなる領域を明らかにした。

サブテーマ4「動的破壊シミュレーションによる連動性評価」では、まず計算負荷が大きい動的シミュレーションの実施前にパラメータ候補を合理的に減らすためのスクリーニング手法を検討した。その結果、静的すべり分布とエネルギー収支の計算という簡便な方法で、検討したパラメータのうちの約1/3のみで、連動する断層区間や地震規模の上限を予測することができるとわかった。本手法は、今後、動的破壊シミュレーションを行う前のスクリーニング手法として活用できると考えられる。また、中央構造線断層帯讃岐山脈南縁東部区間、同西部区間、石鎚山脈北縁区間、同西部区間を対象として、既存情報と本事業の令和3年度の成果を基に震源モデルを構築した。加えて、応力場に関する感度解析をおこなった結果、応力降下量の深さプロファイルが異なる場合でも連動のパターンに大きな差異は生じない一方で、主圧縮応力の向きは連動性に大きく影響することがわかった。更に、応力場モデルの設定に断層の活動履歴の情報を取り入れる方法について検討し、変位履歴調査結果から推定された連動パターンとも調和的な地震シナリオを含む、様々なシナリオを得ることが可能となった。

また、これらの各サブテーマの個別の調査研究に加えて、地表から地下の断層形状を合理的に推定するため、すべてのサブテーマの知見と従来の調査研究成果を整理・統合し、第四紀以降の断層変位・変形や地震活動等を説明する断層モデルを検討した。その結果、活断層としての中央構造線断層帯の深部形状は、ほぼ鉛直ないし高角な断層面と判断された。

以上のように、1) 石鎚山脈北縁区間と石鎚山脈北縁西部区間の新たな変位履歴調査結果と四国陸域全域の連動型イベントの抽出と発生確率の試算、2) 微小地震の震源再決定とメカニズム解の分布による震源断層形状およびすべりやすさの検討、3) 長さ80km以上の区間に対するスケーリング則の拡張と変位解析、および断層面間の静的相互作用評価、4) 動的破壊シミュレーションの計算負荷低減へ向けたスクリーニング手法の検討および変位履歴を考慮した応力場モデル設定と動的破壊シミュレーションの実施などの新たな知見が得られた。